

논문 2009-6-13

노드 간섭을 고려한 ETI 알고리즘

ETI(Expected Transmission Interference) for Interference-aware

변소영*, 노일순**

So-Young Byeon, Il-Soon Roh

요 약 노드들이 무선으로 연결되어 통신하는 점에서 Ad-Hoc과 비슷한 점을 가지고 있는 Wireless Mesh Network는 하위 단말에 대한 기본 연결구조(Infrastructure)를 제공하는 것에 중점을 두고 있다. Wireless Mesh Network의 노드는 이동이 거의 없으며 데이터 흐름이 많고 QoS를 만족시켜야 하는 트래픽이 많이 존재하므로 데이터 전송을 위한 성능이 좋은 경로를 선택해야만 한다. 본 논문에서는 Wireless Mesh Network의 라우팅 방법을 위해 제안한 ETX, ETT 그리고 WCETT가 가지는 간섭 문제를 해결하기 위해 물리적인 간섭모델을 적용하였다. 보다 향상된 간섭 측정으로 성능이 좋은 경로를 선택하기 위한 ETI(Expected Transmission Interference)를 제안하였고, 실험을 통해 성능이 향상됨을 보였다.

Abstract In wireless mesh network, nodes are communicates as like as Ad-Hoc. Nodes of Wireless Mesh Network must have a good QoS and a algorithm for good path. ETX, ETT and WCETT are proposed Wireless Mesh Network routing methods. But these have Interference problem. This paper propose ETI(Expected Transmission Interference) based on ETT for good path selection. This paper show the algorithm and improved performance in simulation than other algorithms.

Key Words : Wirelss Mesh Network, ETX, ETT, WCETT, MIC, ETI

I. 서 론

Wireless Mesh Network는 하위 단말에 대한 기본 연결구조(Infrastructure)를 제공하는 것에 중점을 두고 동적으로 Mesh Topology를 구성하여 구현된다.

Mesh Network는 크게 Mesh Router와 Mesh Client로 구성된다. Mesh Client는 일반 컴퓨터에 해당하며, 클라이언트는 Mesh Router중의 하나를 무선랜의 access point로 생각하고 연결하기 때문에 기술적으로 어려움이 없다. Mesh Router는 self-configuration, self-healing 등의 기능들을 기본적으로 갖추어야 하고 멀티 홉 라우팅을 통해 유선 인터넷 노드(이하 게이트웨이)까지 패킷

들을 전달해 주어야 하기 때문에 기존의 access point에 비해 많은 기능이 추가된다.[1] 그러나, 저렴한 초기 투자 비용, 쉬운 네트워크 유지, 네트워크의 안정성, 신뢰할만한 서비스 범위 등과 같은 많은 장점들을 가지고 있어 광대역 홈 네트워킹, 고속 도심 지역 네트워크, 그리고 기업 네트워킹과 같은 다양한 고객 요구 상황에 적용될 수 있다.

Wireless Mesh Network는 Ad-hoc 네트워크 노드와 다르게 노드들의 이동이 거의 없고 에너지 제한도 없다. 또한 노드 사이에 데이터 흐름이 많고 QoS를 만족시켜야 하는 트래픽이 많이 존재한다. 때문에 노드들은 데이터를 전송하기 위해 성능이 좋은 경로를 찾아야 한다.

대부분의 Ad-hoc 라우팅 프로토콜이 라우팅 메트릭으로 홉 카운트를 사용하고 있다. 링크의 손실률, 대역폭 등과 같은 무선 링크의 특성이 고려되지 않은 최소 홉 카

*준회원, 을지대학교 의료전산학전공

**중신회원, 을지대학교 의료전산학전공(교신저자)

접수일자 2009.10.11, 수정일자 2009.11.7

운트 기반의 라우팅 방법은 비효율적인 라우팅 경로를 제공할 수 있다. 따라서 기존에 Ad-hoc네트워크에서 제안된 라우팅 방법과는 다른 Wireless Mesh Network를 위한 라우팅 방법이 필요하다.[2]

본 논문에서는 Wireless Mesh Network의 라우팅 방법을 위해 제안된 ETX, ETT, WCETT 그리고 MIC를 소개하였으며 ETT 라우팅 메트릭을 개선하여 링크 간섭을 고려한 ETI를 제안하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 라우팅 메트릭 방법인 ETX, ETT, WCETT 그리고 MIC에 대한 내용, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 ETI에 대한 소개, 4장에서는 제안한 방법의 실험 및 결과에 대한 내용과 마지막으로 5장에서는 ETI에 대한 결론을 맺는다.

II. 관련연구

1. ETX

ETX(Expected Transmission Count)는 홉 카운트와 달리 무선링크의 특성을 포함한 라우팅 메트릭으로 두 노드 사이에 패킷 손실률을 측정하여 링크의 재전송 요구 횟수를 나타낸다.

송신자가 데이터를 보내면 수신자는 받은 데이터에 대한 수신 응답메시지를 송신자에게 보내게 된다. 송신자는 수신자의 응답확인 메시지를 받은 다음에 데이터를 전송하게 된다. 만약 송신자가 응답 메시지를 받지 못하면 데이터를 재전송 하게 된다.

이와 같은 방법을 사용하여 모든 노드는 매초마다 프로브 패킷을 브로드 캐스트 한다. 이웃노드로부터 응답 받은 프로브 패킷 정보를 이용하여 이웃노드에 대한 링크의 패킷 손실률을 계산한다. 프로브 패킷은 이전 10초 동안 이웃노드로부터 받은 프로브 패킷 개수의 기록을 포함하고 있다.

ETX는 (1)과 (2)의 수식에 의해 계산된다.

$$p = (1 - d_f) \times (1 - d_r) \quad (1)$$

$$ETX = \frac{1}{1 - p} \quad (2)$$

수식 (1)의 d_f 는 이웃노드로 프로브 패킷을 성공적으로 보낼 확률을 측정한 값이고 d_r 은 이웃노드로부터 프로브 패킷을 받았다는 확인 응답을 받을 확률을 측정한 값이다. p 는 두 노드 사이에 프로브 패킷을 성공적으로

송·수신할 확률을 측정된 값이다.

수식 (2)는 수식 (1)에서의 p 값을 이용하여 두 노드 사이에 프로브 패킷이 손실될 확률 $1-p$ 를 구하여 그 역수를 취하여 ETX를 구한다. 결국 ETX는 패킷 손실률과 경로의 길이를 메트릭에 반영할 수 있다. 또한 ETX는 누적성이 있기 때문에 최단 경로 계산과 loop-free를 보장한다.[3]

2. ETT

ETT(Expected Transmission Time)는 ETX를 기반으로 단점을 보완한 라우팅 메트릭으로 무선 링크를 통해 데이터 전송에 얼마만큼의 시간이 걸리는지를 나타낸다. ETT는 ETX의 패킷 손실률과 경로의 길이에 추가로 링크 대역폭을 고려하였고 ETX와 마찬가지로 누적성이 있다.

$$ETT = ETX \times \frac{S}{B} \quad (3)$$

수식 (3)에서 S 는 패킷의 평균 크기이며 B 는 현재 링크의 전송 속도이다. ETT는 링크를 측정하여 용량 및 경로의 처리량이 높은 경로 선택을 보장하므로 네트워크의 전반적인 성능 향상을 기대할 수 있다.[4]

3. WCETT

WCETT(Weighted Cumulative ETT)는 멀티 채널 멀티 라디오를 사용하는 환경을 위한 라우팅 메트릭으로 수식(4)와 같이 표현된다.

$$WCETT = (1 - \beta) \sum_{i=1}^n ETT + \beta \max_{1 \leq i \leq k} X_i \quad (4)$$

ETT값을 누적하여 경로상의 패킷 손실률과 대역폭을 반영하고 경로상의 가장 많이 사용하는 채널의 개수만큼 ETT를 누적함으로써 경로상의 채널 간섭을 나타낸다. WCETT는 링크의 패킷 손실률과 대역폭 채널 간섭을 고려한 메트릭으로 β 값을 이용하여 환경에 따른 최적의 메트릭을 적용할 수 있다.[5]

4. MIC

MIC(Metric of Interference and Channel-switching)은 WCETT보다 정확하게 주변의 채널 상황을 고려한 메트릭이다. 수식 (5)는 MIC를 나타낸다.

$$MIC = \alpha \sum_{link l} IRU_l + \sum_{node i} CSC_i \quad (5)$$

IRU(Interference-aware Resource Usage)는 해당 링크에 간섭을 주는 링크 개수만큼 ETT를 누적하여 경로와 경로상의 채널 간섭을 나타내고 CSC(Channel Switch Cost)는 현재 노드와 이전 노드의 채널을 비교하여 같은 채널이면 ETT를 누적하여 경로내의 채널 간섭을 나타낸다.[6]

III. 제안하는 ETI(Expected Transmission Interference)

그림 1과 같이 Wireless Mesh Network는 여러 노드로 구성되어 있다. 각 노드들은 자신이 가지고 있는 이웃 노드와의 경로를 통해 데이터를 전송하게 된다.

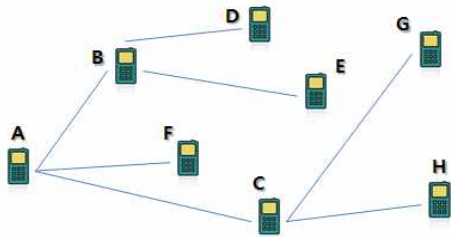


그림 1. Wireless Mesh Network 환경
Fig. 1. Wireless Mesh Network Environment

Mesh Network에서 노드들은 성능이 좋은 경로를 선택하기 위해 ETX, ETT, WCETT, MIC와 같은 라우팅 메트릭을 사용한다.

ETX와 ETT는 링크의 간섭에 대하여 고려하지 않은 라우팅 메트릭 방식이다. WCETT와 MIC는 링크의 간섭을 고려한 라우팅 메트릭 방법이지만 WCETT는 경로상의 채널 간섭을 구하기 위해 채널 개수만을 고려하기 때문에 정확한 채널 간섭을 나타내지 못하고, MIC는 간섭을 구하기 위해 $ETT \times N$ (Background noise)를 계산하여 IRU를 측정한다. 각 링크의 노이즈가 아닌 링크 전체의 노이즈만을 고려하였기 때문에 IRU값은 ETT값에 의존적일 수 밖에 없다.

본 논문에서는 기존의 ETT 라우팅 메트릭 방식을 기반으로 패킷 손실률과 링크의 대역폭 그리고 각 노드 주변에 위치한 다른 노드에 의한 간섭을 고려하여 성능 좋은 경로를 선택하기 위한 ETI 라우팅 메트릭을 제안하고자 한다.

1. ETI의 경로선택 과정

본 논문에서 제안하고자 하는 ETI는 ETT를 기반으로 링크에 인접한 노드들이 미치는 간섭을 고려하여 경로를 선택한다. 노드 N1은 노드 N4로 데이터를 전송하기 위한 경로를 선택하기 위해 ETT 라우팅 메트릭을 사용하여 노드와 연결된 링크의 용량 및 처리량을 계산한다.

그림 2는 ETI를 이용한 경로 선택 과정을 나타낸다.

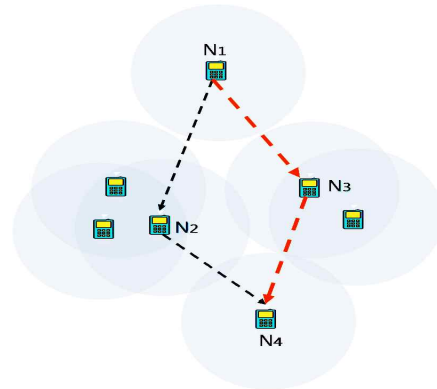


그림 2. ETI를 통한 최종 경로 선택
Fig. 2. Final route selection through ETI

ETT를 통해 용량 및 처리량이 높은 경로(N1-N2-N4)와 (N1-N3-N4)를 선택하게 되면 선택된 경로에 인접한 노드에 의한 간섭을 계산한다. 경로(N1-N2-N4)는 노드 N2에 인접한 노드 2개에 의한 간섭이 존재하고 경로 (N1-N3-N4)는 노드 N3에 인접한 노드 1개에 의한 간섭이 존재한다. 노드의 전송은 인접노드에서 발생하는 데이터 트래픽에 영향을 받게 된다. 따라서 노드의 이웃 노드가 많을 수록 기본적으로 간섭이 많이 발생하게 된다. 따라서 노드 N1은 링크의 용량과 처리량이 높으면서 경로에 인접한 노드에 의한 간섭이 적은 경로(N1-N3-N4)를 선택하여 데이터를 전송하게 된다.

2. ETI의 알고리즘

본 논문에서 제안하는 ETI의 간섭효과를 평가하기 위해 네트워크의 링크에서 생기는 간섭을 측정하기 위한 물리적 간섭 모델을 사용하였다. 이 모델은 만약 수신자 노드 v에 SINR(Signal to Interference and Noise Ratio)이 주어진 Threshold 위에 있다면 노드 u와 v 사이에 통신을 성공시킨다.

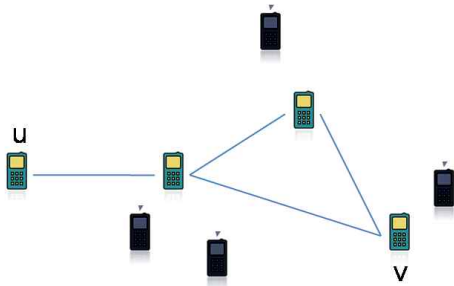


그림 3. 물리적 간섭모델
Fig. 3. Physical interference model

$P_v(u)$ 는 노드 u 로 부터 발생하며 노드 v 에 영향을 미치는 패킷의 신호세기를 나타내며 v' 는 동시에 전송하는 노드들의 집합이다. 노드 u 에서 v 로 가는 링크(u,v) 위에 패킷은 다음의 경우에 정확하게 수신한다.

$$\frac{P_v(u)}{N + \sum_{w \in v'} P_v(u)} \leq \beta \quad (6)$$

ETI는 ETT를 측정하기 위한 수식 (3)에 인접 노드에 의한 간섭을 측정하기 위해 SINR(Signal to Interference Ratio)수식을 추가한다.

$$ETI = ETT \times SINR \quad (7)$$

SINR은 채널 전체의 Background Noise와 인접 노드들이 미치는 간섭의 합의 역수를 수신자가 보내는 신호의 세기와의 곱으로 나타낸다.

$$SINR = \frac{P_v(u)}{N + \sum_{w \in \eta(u)-v} \tau(w) P_u(w)} \quad (8)$$

수식 (7)의 $\eta(u)$ 는 노드 u 로부터 패킷을 받을 수 있는 노드들의 집합이며 $\tau(w)$ 는 주기 동안의 노드 w 의 일반적인 평균 트래픽 발생률이다. $\tau(w)$ 가 1이면 노드 w 는 최대 데이터 전송률을 지원한다. $P_v(u)$ 는 수신되는 신호의 세기를 나타내고 N 은 Wireless Mesh Network의 Background Noise를 나타낸다.[7]

제안하는 알고리즘에서 SINR을 사용하는 것은 무선 메쉬 네트워크에서 노드의 데이터 전송은 주변환경의 영향을 받게 된다. 주변에서 빈번하게 데이터의 전송이 일어난다는 것은 방해전파가 계속해서 발생하는 것을 의미하기 때문이다. 따라서 노드의 간섭을 고려함이 없이 경로를 설정하게 될 경우 실제 환경에서는 최선의 경로가 아닌 상황이 발생할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 위 수식에서 나타내는 바와 같이 노드의 개수와 노드에서 발생하는 전파의 세기를 고

려하여 그 값을 경로 선정시 반영하여 간섭이 적은 경로를 설정하였다.

IV. 실험 및 결과

그림 4에서 설정한 테스트 환경에서 노드 A에서 노드 T로 데이터를 보내기 위한 경로를 설정하기 위해 Hop Count 기반 Routing Metric방법인 ETX, ETT를 사용한다. 또한 본 논문에서 제안하는 ETI의 성능을 평가하기 위해 ETX와 ETT를 비교하였다.

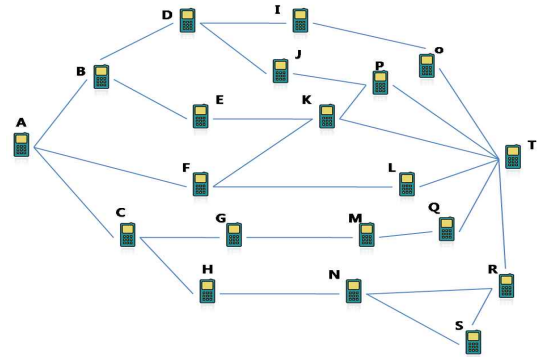


그림 4. Wireless Mesh Network 테스트 환경
Fig. 4. Wireless Mesh Network test environment

각 노드 사이의 ETX와 ETT를 구하여 누적시키고 신호의 세기(RSS)와 각 노드의 간섭(IS)을 측정한다. RSS와 IS값을 이용하여 본 논문에서 제안하는 ETI를 구한다. 그림 5는 노드 A에서 노드 T로 데이터를 보내기 위해 설정된 라우팅 테이블 10개 항목에 최적의 경로를 선택하기 위해 계산된 각 경로의 라우팅 메트릭 값들을 열거한 것이다.

경로	ETX	RSS	IS	ETT	ETI	처리량
A-B-D-I-O-T	1.5	4	2	6	6	76
A-B-D-J-P-T	1.6	5	1	8	13.33	77.5
A-B-E-K-P-T	1.2	8	3	2.4	3.84	40
A-B-E-K-T	1.5	4	2	6	6	76
A-F-K-P-T	1.1	9	2	2.2	4.95	46
A-F-K-T	1.2	7	3	6	8.4	47.5
A-F-L-T	1.8	5	4	11	9	55
A-C-G-M-Q-T	1.4	5	2	4.2	5.25	70
A-C-H-N-R-Q-T	1.3	7	3	2.6	3.64	47.5
A-C-H-N-S-R-Q-T	1.6	6	3	8	9.6	55

그림 5. 경로에 따른 ETX, ETT, ETI
Fig. 5. ETX, ETT and ETI due to each Path

그림 5에 나타난 항목 값은 수식 (2), (3), (6)을 이용하여 계산된 값을 누적시켜 ETX, ETT, ETI로 나타내었다. Background Noise는 2로 설정하여 계산하였고, 마지막 항목인 처리량은 Background Noise와 각 경로의 간섭을 고려했을 경우 해당 경로가 처리할 수 있는 데이터의 양을 나타낸다.

ETX를 이용하여 경로를 선택할 경우 ETX값이 가장 작은 A-F-K-P-T 경로를 선택한다. ETT를 이용하여 경로를 선택할 경우 ETT값이 가장 큰 A-F-L-T 경로를 선택한다. ETX와 ETT 라우팅 메트릭을 이용하여 선택된 경로의 처리량을 보면 각각 46과 55이다. 즉, ETX와 ETT를 사용하여 경로를 선택하게 되면 간섭을 고려하지 않았기 때문에 처리량이 낮은 경로를 선택할 수 있다는 것을 볼 수 있다.

본 논문에서 제안하는 ETI 라우팅 메트릭을 사용하였을 경우 누적된 값이 가장 큰 A-B-D-J-P-T 경로를 선택하게 된다. 선택된 경로는 간섭이 적으면서 처리량이 가장 큰 경로임을 그림 5에서 확인할 수 있다.

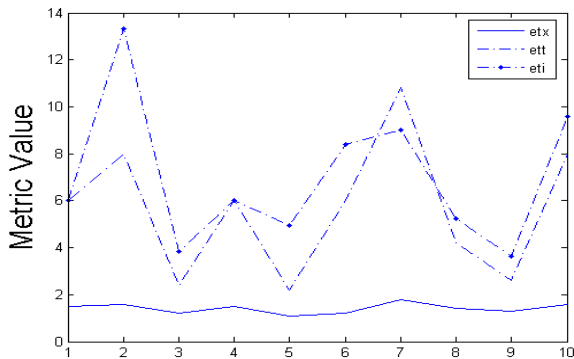


그림 6. ETX, ETT, ETI에 따른 Metric Values
Fig. 6. Metric values due to ETX, ETT and ETI

그림 6은 ETX, ETT 그리고 ETI의 누적시킨 Metric Values를 나타낸다. x축의 1부터 10의 숫자는 그림 5에 열거된 경로들과 매칭된다. ETX는 누적된 Metric Value가 가장 낮은 5번을 선택하고, ETT는 누적된 Metric Value가 가장 큰 7번 경로를 선택한다. ETI는 누적된 Metric Value가 가장 큰 2번을 선택한다.

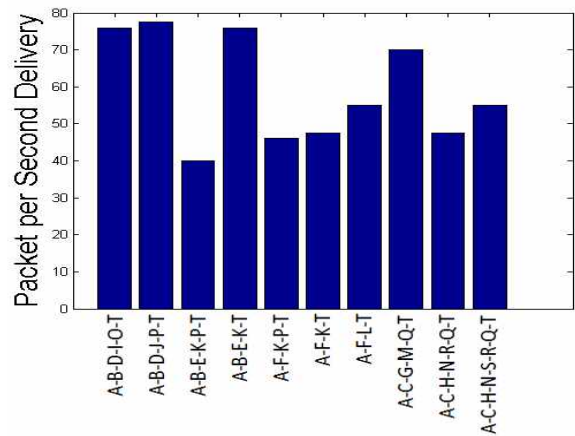


그림 7. 경로가 가지는 패킷 전송량
Fig. 7. The packet transfer rate of each path

그림 7은 각 경로들이 가지는 패킷 전송량을 나타낸다. x축은 그림 5에 열거된 경로 순서와 동일하다. 그림 6과 매칭하였을 경우 ETX와 ETT는 전송량이 낮은 것에 비해 ETI는 전송량이 가장 높은 경로를 선택함을 볼 수 있다.

V. 결론

Wire Mesh Network의 노드는 이동이 거의 없으며 데이터 흐름이 많고 QoS를 만족시켜야 하는 트래픽이 많이 존재하므로 데이터 전송을 위한 성능이 좋은 경로를 선택해야만 한다. 본 논문에서는 ETX와 ETT는 채널이 가지는 간섭문제와 WCETT와 MIC보다 향상된 간섭 측정으로 성능이 좋은 경로를 선택하기 위해 ETT기반의 ETI(Expected Transmission Interference)를 제안하였다.

Wireless Mesh Network 테스트 환경을 설정하여 ETX, ETT 그리고 ETI 라우팅 메트릭을 사용하여 설정된 경로의 처리량 비교를 통해 ETI의 성능을 평가하였다. 본 논문은 ETX, ETT와 제안하는 라우팅 메트릭인 ETI 세가지 방법만을 비교하여 실험하였다. MIC는 ETT의 값에 의존적이기 때문에 실험에서 배제하였다.

실험 결과에 기술한 바와 같이 ETX, ETT는 링크의 처리량이 낮은 경로를 선택한 반면 ETI는 링크의 간섭을 고려하여 간섭에 따른 처리량이 가장 높은 경로를 선택하는 결과를 확인할 수 있었다.

향후 Wireless Mesh Network에서 사용되는 프로토

콜에 ETX, ETT 그리고 본 논문에서 제안한 ETI를 접목시켜 Testbed 환경에서 성능을 평가할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 권태경, 이정근, 김원호, 조대형, "무선 매쉬 네트워크 소개", 정보과학회, 제24권, 제12호, 107~114쪽, 2006년 12월
- [2] Ian F. Akyildiz, Xudong Wang, Weilin Wang, "Wireless mesh networks: a survey", Communications Magazine, IEEE, Volume: 43, Issue: 9, Sept. 2005
- [3] Douglas S. J. De Couto, Daniel Aguayo, John Bicket and Robert Morris, "A HighThroughput Path Metric for MultiHop Wireless Routing", 9th annual international conference on mobile computing (MobiCom 03), September 2003.
- [4] Guerin, J. Portmann, M. Pirzada, A., "Implementing the Expected Transmission Time Metric for OLSR Wireless Mesh Networks"
- [5] Richard Draves, Jitendra Padhye and Brian Zill, "Routing in Multi-Radio, Multi-Hop Wireless Mesh Networks", in ACM Mobicom, 2004.
- [6] Yaling Yang, Jun Wang, and Robin Kravets, "Interference-aware Load Balancing for Multihop Wireless Networks", Tech. Rep. UIUCDCS-R-2005-2526, Department of Computer Science, University of Illinois at Urbana-Champaign, 2005.
- [7] P. R. Kumar and P. Gupta, "The Capacity of Wireless Networks," IEEE Transactions on Information Theory, vol. 46, pp. 388-404, March 2000.

저자 소개

변 소 영(준회원)



- 2007년~현재 을지대학교 의료전산학 전공 재학중
- <주관심분야 : 유무선네트워크, 센서응용기술>

노 일 순(종신회원)



- 2004년 서강대학교 전자공학과 박사 수료
- 2001년~현재 을지대학교 의료전산학 전공 교수
- <주관심분야 : 센서네트워크, 모바일콘텐츠 응용, 멀티미디어, u-러닝>